

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-136886

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月21日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 2 K 1/22
1/27
21/22

識別記号

5 0 2

F I

H 0 2 K 1/22
1/27
21/22

A
5 0 2 A
M

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平9-295426

(22) 出願日 平成9年(1997)10月28日

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝
神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 新田 勇

愛知県瀬戸市六田町991番地 株式会社東
芝愛知工場内

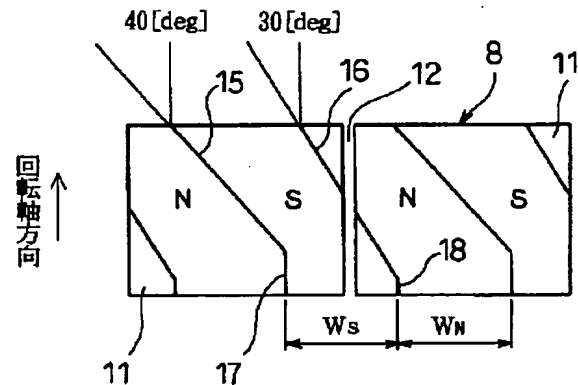
(74) 代理人 弁理士 佐藤 強

(54) 【発明の名称】 永久磁石形モータ

(57) 【要約】

【課題】 回転子の界磁部を円周方向に複数に分割されたセグメント磁石により構成した場合でも、低コギングトルク、低振動、低騒音、低回転むらを実現できる永久磁石形モータを提供する

【解決手段】 隙間12を有する複数の略円弧状の永久磁石セグメント11から構成されている界磁部8において、永久磁石セグメント11の間の境界と交差するスキュー16のスキュー角度を、交差しないスキュー15のスキュー角度よりも小さく設定すると共に、これらスキュー15、16のうち磁器検出器と対向する部分に夫々回転軸方向と平行なスキュー17、18を設ける。さらに、これらスキュー17、18で区切られた部分の磁極幅を全て等しく形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 界磁部が複数の永久磁石セグメントを環状に配置して構成されている回転子と、複数の突極に電機子巻線を巻回してなる固定子とを有する永久磁石形モータにおいて、前記界磁部の前記突極対向面に前記永久磁石セグメントの数の2以上の整数倍の数の磁極が形成されると共に各磁極境界線が回転軸方向に対して所定のスキュー角度をもつように前記永久磁石セグメントが着磁され、且つその磁極境界線が前記永久磁石セグメント間の境界と交差するものと交差しないものとでそのスキュー角度が異なっていることを特徴とする永久磁石形モータ。

【請求項2】 永久磁石セグメント間の境界と交差する磁極境界のスキュー角度が、交差しない磁極境界のスキュー角度よりも小さいことを特徴とする請求項1記載の永久磁石形モータ。

【請求項3】 各磁極は、回転位置検出器により磁極検出が行われる部分の円周方向幅が略等しくなるように形成されていることを特徴とする請求項1記載の永久磁石形モータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、回転子の永久磁石をセグメント磁石により構成し、そこにスキュー着磁を施した永久磁石形モータに関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】周知のように、永久磁石形モータ、中でも突極構造を有するものにおいては、突極を有する電機子鉄心と界磁部である永久磁石との間の相対的な幾何学的位置関係によってリラクタンスが変化し、磁極各部に作用する力が回転軸に対して非対称となるため、いわゆるコギングトルクが発生し、それがトルクむらや振動、騒音の原因となる。

【0003】こうしたコギングトルクを低減する一つの方法として、従来より、回転子永久磁石の異極間の境界にスキューを設け、突極と永久磁石との間の幾何学的位置関係を軸方向に対し平均化することが行われている。例えば特開平2-74136号公報には、回転子の磁極数が4、固定子の突極数が6の永久磁石形モータにおいて、セグメント磁石から構成された回転子の永久磁石に回転軸方向に対して機械角45[deg]一定のスキューを設ける手段が示されている。

【0004】この場合、スキュー着磁を施す永久磁石は、その全周において均等な磁気特性を有する円環形状であることが望ましい。しかし、高性能な焼結磁石である異方性磁石を使用する場合、異方性の生成上の面、強度面、歩留まりの面などから円環形状に構成することは困難である。また、等方性磁石を使用する場合には、内径略80mm以下であれば円環形状に製作可能であるが、性能の面において異方性磁石よりも劣る。このた

め、負荷条件等から等方性磁石を採用でき、且つ回転子内径が80mm以下となるモータを除いては、回転子の界磁部である永久磁石を周方向に分割したセグメント磁石により構成せざるを得ない。

【0005】ところが、回転子の界磁部である永久磁石をセグメント磁石により構成すると、各セグメント磁石において、その周方向両端部の磁気特性がその周方向中央部の磁気特性に比べて劣る。また、回転子にセグメント磁石を取着する際にセグメント磁石同士が干渉することのないよう各セグメント間に隙間が必要となる。その結果、1セグメント内に複数の磁極を形成すべくスキュー着磁を施した場合、上記磁気特性の不均一やセグメント間の隙間等により各磁極内の磁束密度分布が周方向に対し非対称となり、スキューを設けたにもかかわらずコギングトルクや振動、騒音が大きくなるという問題があった。

【0006】本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、その目的は、回転子の界磁部をセグメント磁石により構成した場合においても、低コギングトルク、低振動、低騒音、低回転むらを実現できる永久磁石形モータを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明の永久磁石形モータは、界磁部が複数の永久磁石セグメントを環状に配置して構成されている回転子と、複数の突極に電機子巻線を巻回してなる固定子とを有する永久磁石形モータであって、界磁部の突極対向面に永久磁石セグメントの数の2以上の整数倍の数の磁極が形成されると共に各磁極境界線が回転軸方向に対して所定のスキュー角度をもつように永久磁石セグメントが着磁され、且つその磁極境界線が永久磁石セグメント間の境界と交差するものと交差しないものとでそのスキュー角度が異なっていることを特徴とする（請求項1）。斯様に構成すれば、スキュー角度に応じて各スキュー位置における磁束密度の大きさを調整することができるので、永久磁石セグメントの周方向中央部と両端部とにおける磁気特性の違いや、永久磁石セグメント間の隙間部分における磁束密度の低下を補償することができ、もって磁極内の磁束密度分布を周方向に対して対称とすることができる。

【0008】この場合、永久磁石セグメント間の境界と交差する磁極境界のスキュー角度を、交差しない磁極境界のスキュー角度よりも小さくすると良い（請求項2）。斯様に構成すれば、磁束密度が低下する永久磁石セグメント間においてはスキュー角度を小さくして磁束密度の低下を抑制し、一方、磁束密度の低下がない周方向中央部においてはスキュー角度を大きくするので、磁極内の磁束密度分布を周方向に対し対称とすることができ、コギングトルクを最適に極小化することができる。

【0009】さらに、各磁極は、回転位置検出器により

磁極検出が行われる部分の円周方向幅が略等しくなるように形成すると良い(請求項3)。斯様に構成すれば、異なった傾斜角を有するスキューを設けても、回転位置検出器により磁極検出が行われる部分の各磁極は全て等幅になっているので、検出位相にずれが無く安定した位置検出が可能となる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の第1実施例について、図1乃至図4を参照しながら説明する。図2と図3は、夫々外転構造をなす永久磁石形モータの軸平行断面図と軸直角断面図を示している。図示しない静止部位に取り付けられた固定子1は、珪素鋼板を積層して構成される固定子コア2と、この固定子コア2の外縁部に形成された等幅、等間隔の6つの突極3とにより構成されており、この突極3には電機子巻線4が巻装されている。固定子1の外周側には空隙5を隔てて略カップ形状をなす回転子6が固定子1を包囲するように設けられている。この回転子6は、磁気回路を形成する回転子ヨーク7と、その回転子ヨーク7の円筒部内周面に取着されて固定子1に対面する界磁部8とにより構成されており、界磁部8は2つの略円弧状の永久磁石セグメント11が互いの間に隙間12を保持した状態で構成されている。そして、回転子6は回転子ヨーク7のカップ形状底部の中心位置に固着された回転軸9に軸受10を介して回転自在に支持されている。なお、図示しないが、界磁部8の回転軸方向両端部の内周面に対向して、回転位置を検出するための磁気検出器が設けられている。

【0011】さらに、回転子6の永久磁石配置部分の周方向展開図である図1を参照してその着磁構造について説明する。2つの永久磁石セグメント11から構成される界磁部8には、2つのN極と2つのS極が磁極として形成されており、その磁極境界にはコギングトルクを低減させるためのスキュー13、14が設けられている。このうちスキュー13は、永久磁石セグメント11の周方向中央部を通り、回転軸方向に対して40[deg]のスキュー角度を有して位置している。また、スキュー14は永久磁石セグメント11の間の隙間12をその中点部分で斜めに交差するように位置し、回転軸方向に対し30[deg]のスキュー角度を有している。つまり、永久磁石セグメント11の境界と交差する磁極境界(スキュー14)のスキュー角度が、交差しない磁極境

$$A \times B / 2 \times n = B \text{ と } C \text{ の公倍数}$$

ただし、A：磁気エネルギーの次数

B：磁極数

C：突極数

n：自然数

【0017】典型的な例として、磁極数4、突極数3の構成、或いは磁極数2、突極数3の構成を考えると、円環状磁石を用いた場合には6次(n=1)の磁気エネルギー成分の存在によりコギングトルクが発生するが、上

界(スキュー13)のスキュー角度よりも小さくなるように構成されている。

【0012】次に本実施例の作用について図4をも参照して説明する。図4は空隙5における磁束密度分布を示したもので、その横軸は周方向の角度(電気角)を表し、その縦軸は磁束密度を表している。ここで、太実線は本実施例の空隙磁束密度分布を表し、細実線は全ての磁極境界のスキュー角度を30[deg]一定とした場合(以下、従来例と称す)の空隙磁束密度分布を表している。

【0013】前述のように、永久磁石セグメント11はその周方向中央部に比べ両端部における起磁力が低下する傾向を有すると共に、界磁部8をこの永久磁石セグメント11により構成した場合、寸法精度の制約から永久磁石セグメント11相互間に起磁力の無い隙間12が生じてしまう。その結果、等角度のスキューにより回転軸方向に対して斜めに磁化された従来例の磁極においては、隙間12と交差している部分と交差していない部分とで磁束密度に偏りが生じ、周方向の対称性が失われる。図4における従来例の波形が歪んでいるのはこのためであり、この場合均等な起磁力をもつ円環状磁石の磁束密度波形には本来含まれることのない偶数次(2次、4次、…)高調波成分が磁束密度波形に重畳する。

【0014】さて、コギングトルクは空隙5における磁気エネルギー変動に起因して発生する。この磁気エネルギーは周知のように磁束密度の2乗に比例するので、空隙磁束密度を各次高調波成分の和として表し、2乗演算の結果生じる磁気エネルギーの高調波次数を考える。なお、2乗演算においては、m次成分とn次成分の乗算により(m+n)次と(m-n)次の2つの成分が生じることに留意する。

【0015】上述のように、円環状磁石における磁束密度波形には一般に奇数次成分しか含まれていないので、2乗計算の結果偶数次の磁気エネルギー成分のみ現れる。これに対し、永久磁石セグメント11に等角度スキューを施した従来例においては、その磁束密度波形に奇数次、偶数次両成分が含まれるため、2乗計算の結果偶数次のみならず奇数次の磁気エネルギー成分も現れる。

【0016】ところで、次の(1)式を満たす磁気エネルギー成分が存在する場合にはコギングトルクが発生する。

$$\cdots (1)$$

記従来例においては6次(n=1)の磁気エネルギー成分の他、さらに3次(n=2)の磁気エネルギー成分の存在により新たなコギングトルクが発生することになる。つまり、永久磁石セグメント11に等角度スキューを施した従来例においては、磁束密度波形が全高調波を含むために、その2乗関係にある磁気エネルギー成分にも奇数次の変動が重畳して現れ、それがコギングトルクを増大させてしまう。

【0018】スキューは、本来、同一の回転軸方向線上に異極を重ねることにより軸方向の磁束密度分布を平均化し、もって磁束密度の高調波成分を減少させることを目的とする。この場合、高調波成分のみならず基本波成分も減少し、またスキュー角度が大きいくほど磁束密度の低下も大きくなる。本発明は、このスキューの特性を本来的なコギングトルクの抑制のみならず、磁石の構造上現れる起磁力の偏りを補償するために利用する。

【0019】本実施例のように、永久磁石セグメント11の境界と交差するスキュー14のスキュー角度を、交差しないスキュー13のスキュー角度よりも小さくするように構成すると、起磁力の低下している永久磁石セグメント11の境界部分においてはその低下を抑えることができ、起磁力の劣化がない永久磁石セグメント11の周方向中央部においては本来的なコギングトルクを抑制するため高調波成分を含む磁束密度を低下させる。その結果、磁束密度分布の歪みが補償され、図4の太実線に示すように正弦波に近い磁束密度波形が得られる。従って、従来例において見られた磁束密度の偶数次成分は低減或いは消滅し、磁束密度と2乗関係にある磁気エネルギーからはその奇数次成分が消滅する。これにより、

(1) 式の条件を満たす磁気エネルギー成分の種類が減少し、その減少した分コギングトルクも抑制される。前述の例においては、3次($n=2$)の磁気エネルギー成分に対応したコギングトルクが低減或いは消滅することになる。なお、スキュー13とスキュー14の各スキュー角は、永久磁石セグメント11の磁気特性、隙間12の幅、又は着磁波形等に応じて適宜設定すれば良い。

【0020】以上述べたように本実施例によれば、スキューの傾斜角の増加とともに磁束密度が低下するという特性を利用すべく、永久磁石セグメント11の境界と交差する磁極境界(スキュー14)のスキュー角度を、交差しない磁極境界(スキュー13)のスキュー角度よりも小さくするように構成した。その結果、複数の永久磁石セグメント11により構成した不均等な磁気特性を有する界磁部8であっても、各磁極内及び隣接する磁極同士が均等な磁気特性となるよう磁束密度を補正することができ、不均等な磁気特性により生じるコギングトルクや振動、騒音等を抑えることができる。また、本実施例では磁極境界がスキュー構造を有しているため、正弦波着磁がされていないことに基づく本来的なコギングトルクも低減することができる。

【0021】次に、本発明の第2実施例について図5を参照しながら説明する。図5は界磁部8の周方向への展開を示したものである。2つの永久磁石セグメント11から構成される界磁部8には、2つのN極と2つのS極が形成されており、その磁極境界にはコギングトルクを低減させるためのスキュー15、16が設けられている。そして、磁気検出器と対向するこれらスキュー15、16の一端においては回転軸方向に平行となるスキュー17、18が夫々設けられている。このうちスキュー15は、永久磁石セグメント11の周方向中央部を通り、回転軸方向に対して40[deg]のスキュー角度を有して位置している。また、スキュー16は永久磁石セグメント11の間の隙間12をその中点部分で斜めに交差するように位置し、回転軸方向に対して30[deg]のスキュー角度を有している。さらに、スキュー17、18により区切られた磁気検出対象部の磁極幅WNとWSは等しくなるよう構成されている。

【0022】本第2実施例によれば、第1実施例と同様の効果を有する外、界磁部8において、磁器検出器が近接する磁極部分の円周方向幅を等しく形成したことにより、スキューの角度が一定でないにもかかわらず検出位相がずれることなく安定した磁極位置の検出が可能となる。

【0023】なお、本発明は上記し且つ図面に示す実施例に限定されるものではなく、例えば内転形のモータ構造や、界磁部8をさらに多数の永久磁石セグメント11から構成した場合であっても同様に適用でき、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更して実施することができる。また、突極という概念は、円周に多数のスロットを有する固定子鉄心にコイルを分布巻きした場合の構成においては、コイル辺間の鉄心部分をいう。

【0024】

【発明の効果】請求項1の発明では、回転子の界磁部を複数の永久磁石セグメントから構成し、その界磁部の突極対向面にスキュー着磁を施して永久磁石セグメントの数の2以上の整数倍の数の磁極を形成するとともに、磁極境界が永久磁石セグメント間の境界と交差するものと交差しないものとで夫々異なるスキュー角度を設定した。斯様に構成すれば、スキュー角度に応じて磁極境界部分における磁束密度の大きさを調整できるので、永久磁石セグメント内における磁気特性の違いや、永久磁石セグメント間の隙間部分における磁束密度の低下による各磁極への影響を補償することができる。また、スキューの作用により、正弦波着磁がされていないことに基づく本来的なコギングトルクを低減できる。

【0025】請求項2の発明では、永久磁石セグメント間の境界と交差する磁極境界のスキュー角度を、交差しない磁極境界のスキュー角度よりも小さく設定した。斯様に構成すれば、永久磁石セグメント間の境界における磁束密度の低下を補償し、磁極内の磁束密度分布を周方向に對称とすることができる。そして、本来的なスキュー効果も併せて作用するので、セグメント磁石を採用した場合であってもコギングトルク、振動、騒音、回転むらを最適に極小化することができる。

【0026】請求項3の発明では、各磁極を、回転位置検出器により磁極検出が行われる部分の円周方向幅が略等しくなるように形成した。斯様に構成すれば、回転位置検出器により磁極検出が行われる部分の各磁極は全て

等幅になっているので、各スキューの角度が異なっている場合においても検出位相にずれが無く安定した位置検出が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す回転子の永久磁石配置部分の展開図

【図2】永久磁石形モータの軸平行断面図

【図3】永久磁石形モータの軸直角断面図

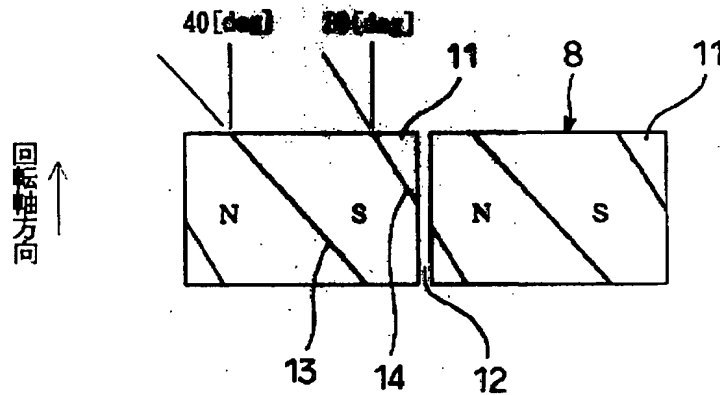
【図4】空隙の磁束密度分布を示す図

【図5】本発明の第2実施例を示す図1相当図

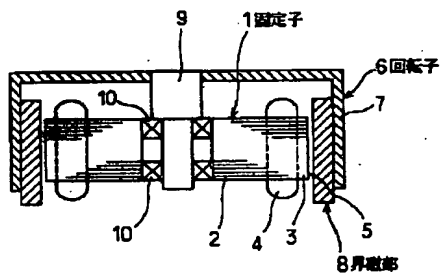
【符号の説明】

1は固定子、3は突極、6は回転子、8は界磁部、11は永久磁石セグメント、12は隙間、13～18はスキューである。

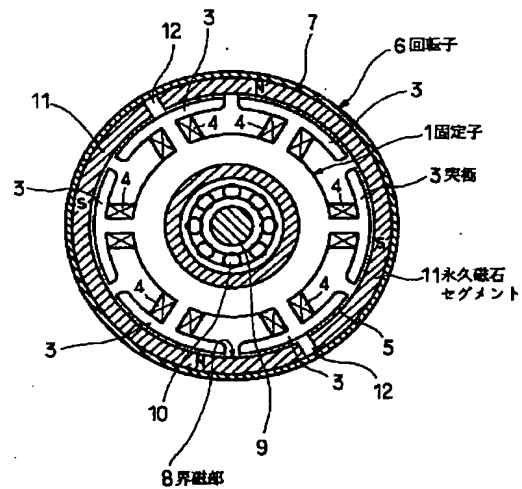
【図1】



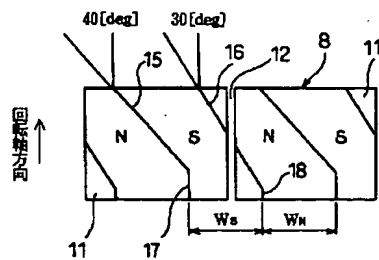
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

